



内检测技术在城市燃气管道中的应用

刘传庆

(深圳市燃气集团股份有限公司, 广东 深圳 518049)

摘要: 总结城市燃气管道内检测实践,分析多轮内检测数据。分析内检测难点,提出应对措施和建议。

关键词: 城市燃气管道; 内检测; 变形检测; 漏磁检测

中图分类号: TU996.8 **文献标志码:** B **文章编号:** 1000-4416(2021)01-0B32-04

1 概述

管道燃气是城镇燃气主要供应方式,正朝着高压、大口径的方向发展,燃气管道安全性受到高度重视。GB/T 27699—2011《钢质管道内检测技术规范》明确要求,新建管道应当在投产3年内进行首次管道内检测(也称基线检测),管道内检测周期应不超过8年,当管道防腐层损坏严重、管道运行环境恶劣、处于环境敏感地带或人口密集区的应当将管道内检测周期缩短。

通过开展管道清管、变形检测和漏磁检测等内检测活动,可以有效清理管道内部杂质,定位管道位置、弯头、绝缘接头等管道特征信息,准确掌握管道本体缺陷分布情况,指导管道预知性维修维护,减少事故发生。目前,深圳燃气、新奥燃气、苏州燃气、沈阳燃气、贵州燃气等国内具有一定规模的城市燃气企业均采用管道内检测技术指导管道运营管理。因此,开展城市燃气管道内检测,对保障燃气管道安全、经济、高效运行具有重要意义。

2 内检测原理

管道内检测是指检测器由管道介质在检测器前后端产生的压差推动向前运行^[1],在运行过程中实时检测和记录管道腐蚀、变形、焊缝损伤等情况,并能精确定位管道特征的作业活动。管道内检测通常包括管道清管和智能检测,管道清管的目的是借助

清管设备刮削管壁,清除管道内部沉积杂质,并检验管道的通过能力,为判断后续智能检测设备能否顺利通过提供依据。清管设备有泡沫清管器、皮碗清管器和钢刷清管器,其中,皮碗清管器主要由中心轴、皮碗及其他部件组成,常见的皮碗类型有直板皮碗、锥形皮碗、圆形皮碗和蝶形皮碗4种。

智能检测主要包括变形检测和漏磁检测,变形检测的目的是检测管道弯头曲率、凹陷变形和椭圆变形等缺陷。变形检测一般采用变形检测器,利用检测器上呈圆周均匀分布的传感触臂直接测量管道内变化。变形检测器可携带陀螺仪同步检测,一方面利用带有电子测距系统的变形检测器在管道内部产生的信号,测量管道几何变形点,辨别凹坑的类型,精确地量化凹坑;另一方面利用陀螺仪记录检测器运行过程中向上下左右偏转,并通过地面参考点计算整条管道的路由和详细的地理位置。

漏磁检测目的是检测管道内、外金属损失位置和大小。工作原理是管壁的腐蚀处会引起磁通量泄漏,这些泄漏的磁通量可被传感器检测到,作为管道腐蚀缺陷分析的特征信号。通过分析传感器的数据,获得管道内、外金属损失缺陷的长度、宽度和深度等详细信息。

3 内检测实践

通常管道内检测作业采取循序渐进、通过能力

作者简介: 刘传庆,男,工程师,硕士生,主要从事燃气管道安全运营和完整性管理工作。

收稿日期: 2020-02-11; **修回日期:** 2020-04-30

由强到弱的顺序进行。首先使用通过能力最强的泡沫清管器,初步判断管道内部情况,确保管道内部没有大的异物影响后续检测设备运行。然后再逐步发送一定过盈量的皮碗清管器,根据清理出来的杂质质量判断管道内部是否存在大量杂质,如连续多次清理出的杂质质量变化不大,则满足变形检测设备关于管道清洁度的要求。在管道表面清洁度和内径满足变形检测设备要求的情况下,再开展变形检测。最后,根据管道变形检测数据分析,确认管道最小内径满足漏磁检测设备的通过要求,再进行管道漏磁检测。

如果管道已经具有内检测经历,在制定管道内检测计划时,不需要安排运行泡沫清管器探明管道内部情况,可以直接使用皮碗清管器进行管道清管,在清管合格后依次进行变形检测和漏磁检测。

3.1 管道清管作业

深圳燃气天然气输配系统可以用“一张网、双气源、三级压力机制”进行概括。整个系统采用高压、次高压和中压3级压力机制设计,逾6 000 km天然气管道互联互通、功能互补,确保安全稳定供气。其中,次高压管道坪山门站至安托山门站段(以下简称安坪线)起点位于坪山门站,终点位于安托山门站,设计压力1.6 MPa,实际运行压力1.5 MPa,管道直径为508 mm,壁厚为7.9~11.9 mm。为保障管道安全稳定运行,及时掌握管道本体缺陷的状态,2014年完成安坪线第1轮内检测,2019年启动安坪线第2轮内检测。由于已经开展过管道内检测,且管道清洁度较好,所以,在进行第2轮管道内检测时,直接采用直板皮碗清管器和钢刷清管器进行管道清管,按照检测器运行速度为2 m/s的目标控制管道输送工艺,通过精准调节上游管道供气量和下游用气量,并结合管道沿线预先放置的检测器监听结果,保障管道清管顺利实施。另外,为了不影响管道沿线5个支线正常供气,选择避开城市居民用气高峰进行检查,并在检测设备通过支线三通前10 min,适当降低支线供气量,待通过支线三通后缓慢增加供气量。

第1轮内检测连续清管29次,清理出来杂质3 156 kg,第2轮内检测连续清管10次,内检测记录见表1,清理出来杂质111 kg。前后两轮清理出杂质质量见表2和表3。

表1 第2轮内检测记录

序号	作业类型	检测器类型	运行时间/h	平均速度/(m·s ⁻¹)
1	清管作业	直板清管器	7.79	2.45
2	清管作业	钢刷清管器	9.40	1.92
3	清管作业	钢刷清管器	9.06	2.10
4	清管作业	钢刷清管器	9.46	1.90
5	清管作业	钢刷清管器	9.96	1.91
6	清管作业	钢刷清管器	9.91	1.87
7	清管作业	钢刷清管器	9.54	2.00
8	清管作业	钢刷清管器	9.42	1.96
9	清管作业	钢刷清管器	9.46	1.94
10	清管作业	钢刷清管器	10.18	1.84
11	变形检测作业	变形检测器	10.18	1.84
12	漏磁检测作业	漏磁腐蚀检测器	13.46	1.41

注:表格中的平均速度为检测器实际运行平均速度。

表2 第1轮清管杂质质量

序号	第1轮清管杂质质量/kg	序号	第1轮清管杂质质量/kg
1	28	16	156
2	15	17	116
3	26	18	193
4	85	19	65
5	66	20	203
6	57	21	154
7	137	22	82
8	111	23	64
9	232	24	16
10	216	25	75
11	363	26	33
12	145	27	45
13	115	28	31
14	253	29	12
15	60	—	—

表3 第2轮清管杂质质量

序号	第2轮清管杂质质量/kg	序号	第2轮清管杂质质量/kg
1	3.0	6	12.5
2	9.7	7	7.0
3	14.0	8	10.5
4	12.5	9	11.4
5	17.0	10	13.4

针对第1轮内检测清理出来的杂质,选取部分样品进行检测。根据测试结果分析,样品中杂质成分主要为 Fe_2O_3 、 Fe_3O_4 和泥土等,不含 FeS 。其中杂质主要成分为泥土、沙石等不溶物,小部分为金属氧化物。初步判断泥土、沙石可能是管道施工期间进入管道,金属氧化物则是管道内腐蚀的产物。因此,建议一方面加强管道施工质量管理,保证无杂质进入管道。另一方面定期对城市燃气管道进行清管作业,及时清理管道内部积聚的杂质,进一步提高管道输送效率。

3.2 变形检测

在前期管道清管和测径的基础上,选择合适的变形检测设备,本次变形检测利用10 h顺利完成。经过仔细检查,变形检测器外观完整,各机械部件工作正常,皮碗及探头磨损均匀,检测数据正常。

本次变形检测器安装有IMU(Inertial Measurement Unit),即惯性测量单元,用以测算管道三维空间姿态,从而获得管道焊缝、弯头以及应变点的坐标等空间信息,为管道三维可视化模型构建,以及管道应力应变分析和管道安全可靠分析提供详细数据,为全面掌握管道本体安全状况奠定基础。

3.3 漏磁检测

三轴高清晰度漏磁检测器经13 h的运行后顺利进入收球筒。经过仔细检查,检测器记录仪运行正常,检测器无机械损伤,检测数据清晰完整。

通过分析本次内检测报告提供的缺陷信息,可粗略掌握管道本体缺陷变化情况,后续将根据开挖验证结果,全面校准检测数据。并在获得详细检测数据后,进一步比对前后2轮检测发现的管道本体缺陷发展变化,深入分析管道缺陷增长趋势和管道剩余强度及寿命,全面评估各项管道保护措施的有效性,大力推进管道完整性管理^[2-4],进一步提升管道安全运行水平。

4 城市燃气管道内检测难点及应对措施

4.1 工艺调度难度高

由于安坪线主要承担着城市供气的重要任务,沿线存在6处分输支线,每条支线负责向周边工业用户和城市居民用户提供生产生活用气,在不同时段,工业用户用气量和居民用户用气量差异较大,呈现出显著的用气峰谷期,内检测期间气量波动剧烈,为气量调度增加不小难度。因此,需要综合考虑气量对内检测影响,合理选择内检测时间窗口。

为了不影响城市居民正常生活用气,需要综合考虑管网沿线用气情况,做好上下游气源调度。特别是准确掌握检测设备运行轨迹,准确计算检测设备运行速度和时间,为气源调度提供科学依据。我们通过做好每日用气监测,根据城市用气量的变化,每10~30 min,对检测设备上下游的流量和压力进行微调,每次微调的气量一般控制在 $5\,000\text{ m}^3/\text{h}$,压力控制在0.01 MPa,通过多次、微量调节管道压力和流量,使管道上游进气量和下游出气量保持平衡,确保检测设备两端气量始终保持在稳定状态。这样既保证管网正常供气,又不会造成检测设备前后压力变化剧烈,就可以控制检测设备运行速度处于合理区间。

为防止管道内部清理出来的杂质被吸入调压站,造成调压站内安装的除尘器堵塞,一般在检测器接近调压站时,提前20~30 min停止调压站供气,检测器通过调压站10~20 min后,可根据管网实际运行工况是否局部或全面恢复供气。在停供气期间,需严密监控调压站周边中压压力监控点和上下游调压站流量、压差,防止发生供气异常事件。

4.2 定位难点

安坪线三通、弯头多,沿线地形地貌复杂,既有连续山地,又有繁忙的高速公路和城市主干道,造成管道监听干扰源多、难度大,无法准确及时判断检测器发出的信号。为准确掌握检测器运行数据,有效控制检测器运行速度,在总结线路跟踪经验教训的基础上,先后优化跟踪人员组织架构,调整跟踪方案,增加专门人员跟踪阀室,结合阀门上安装的压力变送器数据变化情况,及时调整管网压力和管输流量,确保完成沿线供气和内检测双重任务。另外,规范跟踪信息报送方式,通过标定跟踪计时和报送内容,提高定位效率和精度。

4.3 工艺操作难点

在发球过程中,推球所需要的初始压差较大,这就使得调压器的开度较大。检测设备突然启动后,瞬时流量大,而此时一旦检测设备中止运行,大流量的气体会产生“水锤效应”,导致调压站至检测设备段管道内的压力瞬间变大,达到切断阀设定压力,从而导致切断气源。为解决“水锤效应”这一问题,一方面在发球过程中,升压操作要缓慢;另一方面,对工艺空间有条件的厂站,在调压出口增加流量调节阀,可解决发球过程中流量不稳的问题。

5 建议

5.1 优化收发球筒尺寸

通过本次内检测,发现发球筒尺寸较长,收球筒尺寸较短。收球筒的尺寸较长,检测设备在收球筒内有足够的缓冲距离,避免损坏检测设备或收球筒。因此,建议后期新建的收发球筒,要合理设计收发球筒尺寸。

5.2 优化中压管网

通过本次内检测,发现部分调压站的供气负荷较大,部分调压站处于闲置状态,调压站的供气能力分布不均,利用率不高。需要特别强调的是调压站设计流量偏低,不能满足日益增长的用气需求。因此,需要根据实际用气需求,优化调压站供气能力,启用闲置调压站,在调压站设计时,充分考虑供气效

率,将调压站设计流量提高或增加供气管路。

参考文献:

- [1] 金卓. PIG 清管技术[J]. 管道技术及设备,2009(6): 53-57.
- [2] 张宏. 解读黄岛事故调查报告,落实管道完整性管理[J]. 油气储运,2014,33(11):1171-1173.
- [3] 王晨,杨光,王文想. 深圳燃气管道完整性管理方案的研究[J]. 煤气与热力,2010,30(8):B26-B30.
- [4] 帅义,帅健,鲍庆军. 城市燃气管道完整性管理体系研究[C]// 中国土木工程学会燃气分会. 2016年中国燃气运营与安全研讨会论文集. 天津:《煤气与热力》杂志社有限公司,2016:181-189.

(本文责任编辑:李欣雨)

(上接第 B24 页)

若关阀到位,遮挡部件将插入非接触传感器的凹槽内(见图2),发光二极管发出的光不能被受光三极管接收,受光三极管不能导通,主控芯片信号接收端接收的信号为电阻 R2 的高电平信号。若此时主控芯片信号接收端接收的信号依旧是低电平信号,则说明受光三极管导通(受光三极管接收到发光二极管的发光信号),机电阀未能正常关阀,机电阀出现故障。故障信息将在燃气表显示屏上显示,还可发出声音提醒燃气用户,同时将故障信息上传给燃气公司。

② 开阀

处于关阀状态的燃气表机电阀见图2,此时到位检测电路处于休眠状态。当物联网智能燃气表故障解除或燃气用户充值后,先由燃气公司向物联网智能燃气表远程发送开阀指令,然后再由人工在现场按下表端复位按钮。主控芯片向阀瓣驱动电路发送开阀信号,由电动机执行开阀动作。在电动机执行开阀动作后,主控芯片向开关组件发送高电平,使开关组件导通(即向三极管 Q1 发送高电平,使三极管 Q1 导通)。此时,发光二极管导通并发光。

若开阀到位,此时遮挡部件位于非接触传感器的凹槽外,发光二极管发出的光线能够被受光三极管接收,使受光三极管导通。受光三极管导通后,会

将主控芯片信号接收端的信号下拉至低电平,主控芯片信号接收端接收到低电平信号。若此时主控芯片信号接收端依旧检测到高电平信号,则说明受光三极管未导通(未接收到光线),遮挡部件仍位于非接触传感器的凹槽内,机电阀未能正常开阀,机电阀出现故障。故障信息将在显示屏上显示,还可发出声音以提醒燃气用户,同时将故障信息上传给燃气公司。

4 结语

物联网智能燃气表机电阀到位检测装置为非接触式传感器,采用光电原理检测燃气表机电阀是否开关到位。与采用接触式传感器的传统到位检测装置相比,由于没有机械触点,具有工作稳定、寿命长、功耗低等优势。可有效降低因燃气表机电阀故障而产生的维修成本,提高物联网智能燃气表的工作稳定性,为安全、公平用气提供有力保障。

参考文献:

- [1] 李勇. 智能燃气表内置切断阀密封性检测技术[J]. 煤气与热力,2020(1):B32-B34.
- [2] 邵泽华. 智能燃气表防范爆炸风险技术和信息安全技术[J]. 煤气与热力,2018(2):B37-B41.

(本文责任编辑:贺明健)